Résumé de thèse

Exploration multiscalaire des paradigmes de la dynamique de la population d'anguilles européennes à l'aide d'outils de simulation, par Patrick LAMBERT.

Thèse de Doctorat en océanographie, Université de Bordeaux I, 2005, 219 p., 79 figs, 17 tabs, 450 réfs.

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est un poisson migrateur amphihalin dont le stock unique européen est considéré être en-dehors de ses limites de sécurité biologique. Cette thèse se propose d'utiliser la modélisation pour, d'une part, étudier la dynamique d'une fraction de population au sein d'un réseau hydrographique et, d'autre part, pour approfondir les mécanismes mis en jeu lors de la migration des civelles en estuaire.

Le premier point fait l'objet du développement d'un modèle structuré en stades de développement, sexe et âge, intégrant les principaux processus biologiques, le vieillissement, le recrutement, la différenciation sexuelle, le déterminisme du sexe, la prise d'argenture, le déplacement et la mortalité naturelle. Il est possible d'identifier 18 jeux de paramètres, correspondant à autant de combinaisons de traits de vie, compatibles avec un pattern résumant le paradigme du fonctionnement d'un stock d'anguilles dans un basin versant. La dynamique ainsi simulée souligne l'importance des caractéristiques de la partie aval du réseau hydrographique et des processus s'y déroulant, en particulier la migration des jeunes stades et le déterminisme du sexe, surtout en période de raréfaction de l'espèce. Elle montre également un maximum de l'échappement d'anguilles argentées femelles pour des recrutements faibles, forme de réponse à la diminution des arrivées de civelles dans les eaux continentales.

Le deuxième point concerne la réalisation d'un modèle individus-centré de déplacement des civelles dans l'estuaire de la Gironde. Ce modèle est fondé sur le comportement d'utilisation préférentielle des courants de marée, rythmé par une horloge interne. La réflexion préalable à la modélisation est l'occasion d'une remise en cause de l'intérêt pour une civelle de traverser systématiquement la zone estuarienne. Des simulations de migration avec des horloges en libre cours ou resynchronisées à chaque étale de basse mer donnent des résultats en désaccord avec le pattern retenu du phénomène. Il n'a pas été possible de simuler simultanément une traversée de l'estuaire pour certains individus et une sédentarisation pour d'autres. Il importe donc d'approfondir les mécanismes qui aboutissent à l'abandon du transport tidal sélectif et à l'installation provisoire en estuaire. Par ailleurs, une exploration théorique du fonctionnement moléculaire d'une horloge interne dans le cas de la migration des civelles laisse penser qu'une synchronisation sur la marée induit une augmentation de la durée d'activité, pouvant modifier sensiblement les résultats des simulations.

Dans les deux cas, l'approche de modélisation orientée par les patterns écologiques a été mise en œuvre. Ces patterns, définis *a priori*, résument les connaissances actuelles sur un sujet en termes de structures caractéristiques et clairement identifiables, les modèles cherchant alors à les reproduire. Ils permettent donc d'encadrer la démarche de modélisation ; en particulier ils sont d'une aide précieuse pour définir la granularité du modèle et pour réussir le calage. Cette démarche permet au final d'aboutir à de réelles avancées dans les connaissances.

Enfin, une synthèse de l'apport de ces tentatives de modélisation à la compréhension de l'écologie de l'anguille est proposée.

Summary. - Multiscale exploration of European eel population dynamics with simulation tools.

European eel, *Anguilla anguilla*, is a diadromous fish whose unique European stock is considered to be outside of its safe security limits. We propose to use modelling to study (i) the eel population dynamics within a watershed and (ii) the mechanisms of estuarine glass eel migration.

The development of a process-based model aims to answer the first point. This model is structured by age, sex and development stage. It integrates the main biological processes, ageing, recruitment, sexual differentiation, sex determinism, silvering, movement and natural mortality. It was possible to identify 18 parameter sets, equivalent to 18 combinations of life history traits, compatible with the eel stock functioning paradigm in a watershed. The simulated dynamics emphasize the importance of characteristics and processes – migration of juveniles and sex determinism - in the downstream part of a watershed, especially when resource is rare. Maximal escapement of female silver eels is found for low levels of recruitment. This relation could be interpreted as an answer to a decrease of glass eel arrivals in inland waters.

The second point led to implement an individual-based model of glass eel movements in the Gironde estuary (France). This model mimics the selective tidal stream transport triggered by an endogenous clock. Thinking before implementing the model led us to reconsider the advantage of systematically crossing the estuary. Migration simulations with clocks either in free running or synchronized by low slack waters give results that disagree with the present description of the phenomenon. In particular, it was not possible to simulate simultaneously glass eels crossing the estuary or settling in estuary. Therefore, we need to specify the mechanisms that lead eels to abandon selective tidal stream transport and to temporarily settle in estuary. Moreover, theoretic exploration of the molecular functioning of an endogenous clock highlights a putative increase of the activity span with a synchronization of the clock by tides. This result could considerably modify simulations outputs.

In both cases, the pattern-oriented modelling approach was used. These ecological patterns, *a priori* defined, summarize present knowledge in terms of characteristics, clearly identifiable structures, and models searching to reproduce them. They lead to manage the modelling process. Especially, they are helpful to define model granularity and to perform calibration. Therefore, this approach allows actual improvement of knowledge.

Lastly the contributions of these modelling attempts to the knowledge concerning eel ecology are reviewed.

Key words. - Anguillidae - *Anguilla anguilla* - France - Gironde estuary - Anadromous migration - Population dynamics - Selective tidal stream transport - Pattern-oriented modelling - Individual-based model - Matrix model - Paradigm.

Cemagref Bordeaux, Unité écosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas CEDEX, FRANCE. [patrick.lambert@bordeaux.cemagref.fr]